

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
13 mai 2004 (13.05.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/040516 A1(51) Classification internationale des brevets⁷ : G06T 7/00,
5/00(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US)
: THALES [FR/FR]; 45, rue de Villiers, F-92200
NEUILLY-SUR-SEINE (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2003/050717

(72) Inventeurs; et

(22) Date de dépôt international :

14 octobre 2003 (14.10.2003)

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : ROLS,
Olivier [FR/FR]; THALES Intellectual Property, 31-33,
avenue Aristide Briand, F-94117 ARCUEIL (FR). BRE-
TON, Pierre-Albert [FR/FR]; THALES Intellectual
Property, 31-33, avenue Aristide Briand, F-94117 AR-
CUEIL (FR).

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

0213540

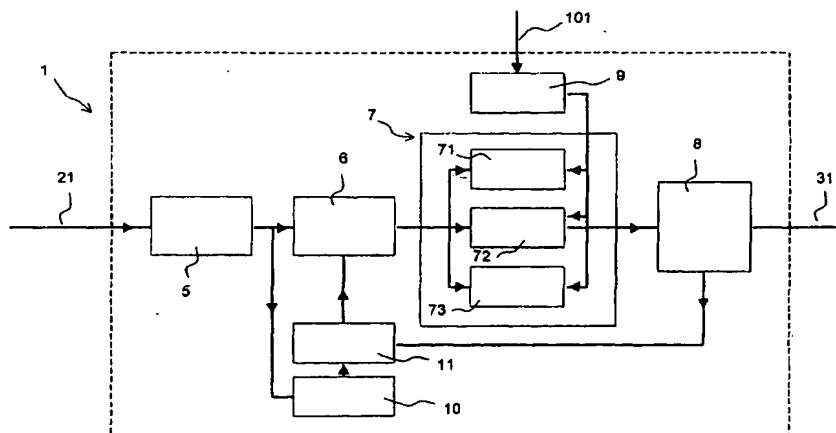
29 octobre 2002 (29.10.2002)

FR

(74) Mandataire : ESSELIN, Sophie; THALES Intellectual
Property, 31-33, avenue Aristide Briand, F-94117 AR-
CUEIL Cedex (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: IMAGE PROCESSING DEVICE WITH RECOGNITION AND SELECTION OF LIGHT SOURCES

(54) Titre : DISPOSITIF DE TRAITEMENT D'IMAGES A RECONNAISSANCE ET SELECTION DE SOURCES DE LU-
MIERE

(57) Abstract: The invention relates to image-processing devices which can be used to identify, process and select discreet light sources present in a video image made up of pixels. The aim of the invention is to present the user with a processed image in real time, thereby enabling improved recognition of light sources in a poor contrast image. In the field of aeronautics, the inventive device constitutes a landing aid by allowing improved recognition of runway lights in poor visibility conditions, such as fog. The invention is based on three major principles: (i) the main image processing operations are only performed on a small number of pixels with a level greater than a threshold, (ii) a plausibility estimator assesses the probability of sources existing in the image and (iii) the threshold is variable according to a certain number of image parameters.

(57) Abrégé : L'invention concerne les dispositifs de traitement d'images permettant d'identifier, de traiter et de sélectionner des sources de lumière discrètes présentes dans une image vidéo composée de pixels. Le but est la présentation, en temps réel, à un utilisateur d'une image traitée permettant

[Suite sur la page suivante]



WO 2004/040516 A1



(81) États désignés (*national*) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet

européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

une meilleure reconnaissance de sources de lumière dans une image faiblement contrastée. En utilisation aéronautique, ce dispositif apporte une aide à l'atterrissage en permettant une meilleure reconnaissance des lampes de piste en conditions de visibilité dégradée, notamment par temps de brouillard. L'invention repose sur trois principes majeurs • Les traitements d'images principaux ne sont effectués que sur un petit nombre de pixels dont le niveau est supérieur à un seuil; • Un estimateur de vraisemblance évalue la probabilité d'existence de sources dans l'image; • Le seuil est variable en fonction d'un certain nombre de paramètres de l'image.

DISPOSITIF DE TRAITEMENT D'IMAGES A RECONNAISSANCE ET SELECTION DE SOURCES DE LUMIERE

Le domaine de l'invention est celui des dispositifs de traitement d'images permettant d'identifier, de traiter et de sélectionner des représentations de sources de lumière discrètes présentes dans une image vidéo composée de pixels. L'objet de ces dispositifs est la présentation, en temps réel, à un utilisateur d'une image traitée permettant une meilleure reconnaissance de représentations de sources de lumière faiblement contrastées.

L'aéronautique constitue un domaine privilégié d'application de ce type de dispositif dans les systèmes dits EVS (Enhanced Vision System) en apportant une aide efficace à l'atterrissage en conditions de visibilité dégradée, notamment par temps de brouillard. En effet, pour atterrir, il est vital que le pilote ou le système d'aide à l'atterrissage connaisse la position latérale de l'appareil par rapport à la trajectoire idéale amenant l'appareil dans l'axe de la piste.

Historiquement, en vol à vue et par temps clair, le pilote estimait la position de son appareil par rapport aux bords de la piste. L'introduction de feux aéroportuaires de structure codifiée constitués de lampes de piste de grande intensité a permis au pilote d'assurer cette tâche y compris en vol de nuit ou en conditions de brouillard léger. Lorsque les conditions météorologiques se dégradent encore, par exemple en conditions de brouillard sévère avec une visibilité inférieure à 200 mètres, ces systèmes ne suffisent plus.

Depuis 1970, on utilise le système ILS (Instrument Landing System) qui, à l'aide de deux faisceaux radiofréquence fixes, fournit au pilote et au pilote automatique l'information de position latérale nécessaire. Aujourd'hui, de nouveaux systèmes sont envisagés, comme le MLS (Microwave Landing System) dérivé de l'ILS mais permettant une plus grande variété d'approches, ou des systèmes à base de GPS (Global Positioning System) ou d'hybridation GPS/Centrale Inertielle. La contrainte commune de ces différents systèmes est la nécessité d'installer des équipements supplémentaires au sol et à bord de l'appareil pour atteindre la

précision de positionnement nécessaire. Les autorités de certification exigent, en effet, une précision qui est typiquement de l'ordre de 3 mètres. Ces installations (station GPS différentiel, émetteur MLS,...) entraînent des coûts d'acquisition et de maintenance supplémentaires qui peuvent être très importants pour certaines infrastructures aéroportuaires légères dédiées, par exemple, aux avions régionaux et d'affaire ou aux appareils de transport militaire.

Les aides à l'atterrissage manuel dits EVS (Enhanced Vision System) permettent de pallier l'absence de systèmes radiofréquence d'aide à l'approche. La figure 1 représente le schéma général d'une chaîne EVS. Elle comprend un capteur d'images 2, un dispositif de traitement d'images 1 et un dispositif de visualisation 3. Un observateur 4 regarde l'image finale à travers ledit dispositif 3. Une unité électronique 100 spécialisée fournissant la position et l'attitude de l'aéronef est interfacée avec l'unité de traitement d'images 1. Des liaisons 21, 31 et 101 relient les différentes composantes du système. Le capteur 2 fournit une image dans une bande spectrale adaptée aux sources lumineuses à détecter. Il s'agit généralement d'un FLIR (Forward Looking Infra Red). Dans le cas de lampes de pistes ayant leur pic d'émission autour de 1 micron, la bande spectrale de sensibilité du capteur se situe donc dans le proche infrarouge, à la limite du spectre visible. L'unité 100 permet de comparer l'évolution des paramètres de l'image avec les déplacements réels de l'aéronef. Le dispositif de visualisation est classiquement un viseur Tête Haute, permettant d'afficher l'image finale fournie par le dispositif de traitement 1 en superposition sur l'extérieur, cette disposition permet de projeter l'image des lampes de piste estimées dans les directions même des dites lampes, le pilote connaît ainsi sa position par rapport à la trajectoire idéale d'atterrissage.

Ce premier imageur peut être utilement complété par un second imageur FLIR travaillant dans une seconde bande infrarouge comprise, par exemple, entre 8 et 12 microns. Ce second imageur fournit alors une image thermique de la zone d'atterrissage.

Deux paramètres permettent de juger de la qualité du dispositif de traitement. Ce sont d'une part, le pourcentage de lampes de piste identifiées

et d'autre part le pourcentage d'artefacts ne correspondant pas à des lampes de piste réelles.

Les principales difficultés du traitement d'image sont que celui-ci doit travailler en temps réel afin que le pilote perçoive une image correspondant à la réalité sans décalage temporel significatif, ce qui exclut tout traitement sophistiqué de l'image, et d'autre part, le traitement doit conserver ses performances pour des images, par nature, variables.

Le dispositif de traitement d'images selon l'invention permet de pallier ces différents inconvénients. Le cœur de l'invention repose sur trois principes :

- Les traitements d'images principaux ne sont effectués que sur un petit nombre de pixels dont le niveau est supérieur à un seuil ;
- Un estimateur de vraisemblance évalue la probabilité d'existence de représentations de sources de lumière dans l'image ;
- Le seuil est variable en fonction d'un certain nombre de paramètres de l'image.

Plus précisément, l'invention a pour objet un dispositif électronique de traitement d'image générant à partir d'une image d'entrée une image de sortie, les deux images étant composées de pixels, l'image d'entrée provenant d'un premier capteur vidéo et représentative d'une scène contenant au moins une source de lumière discrète, ladite image d'entrée contenant une première représentation de ladite source de lumière discrète, l'image de sortie comportant une seconde représentation de ladite source de lumière discrète, caractérisé en ce que ledit dispositif comprend au moins :

- une unité électronique d'amélioration du contraste permettant de fournir à partir de l'image d'entrée une image à meilleur contraste ;
- une unité électronique de sélection permettant de fournir à partir de l'image à meilleur contraste une image filtrée ne contenant plus qu'au moins un premier ensemble de pixels dont le niveau électronique est situé au-dessus d'un premier seuil, ledit premier

ensemble correspondant à la représentation d'au moins une source de lumière potentielle ;

- une unité d'estimation électronique de vraisemblance, permettant de fournir à partir du premier ensemble de pixels de l'image filtrée une image estimée comportant un second ensemble de pixels, ledit second ensemble correspondant à la représentation des sources de lumière estimées, les répartitions des pixels des représentations des sources estimées correspondant à des fonctions mathématiques bidimensionnelles ; à chaque représentation de source de lumière estimée étant associé une probabilité de vraisemblance ;
- une unité électronique de validation fournissant à partir de l'image estimée l'image finale, ladite image contenant une représentation de source de lumière estimée si la probabilité de vraisemblance associée est supérieure à un second seuil.

Avantageusement, le niveau du premier seuil dépend au moins de ladite unité de validation.

Avantageusement, ladite fonction électronique d'amélioration du contraste de l'image d'entrée initiale comprend au moins un filtre matriciel de type CBF (contrast box filter) appliqué sur chaque niveau de pixel de l'image d'entrée initiale pour obtenir l'image d'entrée contrastée. La dite matrice est notamment une matrice carrée de M lignes et de M colonnes d'éléments, N éléments centraux ayant une même première valeur, les $(M^2 - N)$ autres éléments de la matrice ayant une même seconde valeur égale à ladite première valeur multipliée par $N/(N - M^2)$.

Les principales fonctions de l'estimateur sont :

- La fonction électronique de reconnaissance de forme de la représentation des sources de lumière,
- La fonction électronique de reconnaissance de la disposition géométrique desdites représentations desdites sources,
- La fonction électronique d'estimation de déplacement desdites représentations desdites sources

La fonction électronique de reconnaissance de forme de la représentation de la source de lumière permet :

- de comparer les niveaux des pixels du premier ensemble de l'image filtrée à des niveaux calculés, issus de fonctions mathématiques pré-déterminées
- de fournir une probabilité de présence de la représentation de la source de lumière estimée dans l'image d'entrée.

Avantageusement, les fonctions mathématiques pré-déterminées sont des gaussiennes bi-dimensionnelles et la fonction de reconnaissance se fait par application de la méthode des moindres carrés entre les niveaux des pixels du premier ensemble et les niveaux calculés.

La fonction électronique de reconnaissance de la disposition géométrique desdites représentations des sources fournit une probabilité d'alignement desdites représentations des sources de lumière dans l'image d'entrée. Lorsque les représentations des sources potentielles sont alignées selon au moins une droite, la fonction électronique de reconnaissance comporte au moins une fonction permettant de faire une transformée de radon sur les pixels de l'image filtrée.

Lorsque les représentations des sources sont mobiles dans l'image d'entrée, l'estimateur électronique de vraisemblance comporte au moins une fonction électronique de modèle de déplacement des représentations des sources estimées. Il comporte également au moins une fonction électronique d'estimation de déplacement permettant, à partir de la fonction électronique de modèle de déplacement des représentations des sources estimées :

- pour chaque représentation de source de lumière estimée d'une première image estimée occupant une première position, de calculer le déplacement théorique de ladite première position ;
- de calculer une seconde position occupée par ladite représentation de source de lumière estimée dans une seconde image estimée ;
- de comparer ladite seconde position avec la position réelle de ladite représentation de source de lumière dans ladite seconde image estimée.
- de fournir une probabilité de déplacement de la représentation de la source dans l'image estimée.

Avantageusement, la probabilité de vraisemblance d'une représentation de source de lumière estimée fournie par l'unité électronique de validation est égale au produit des probabilités de présence, d'alignement et de déplacement de la dite représentation de source de lumière fournies par l'unité électronique d'estimation. L'unité électronique de validation calcule un taux de rejet de l'image d'entrée égal au pourcentage de représentations de sources estimées dont la probabilité de vraisemblance est située au-dessus du second seuil sur le nombre total de représentations de sources estimées.

Avantageusement, le dispositif comporte une unité électronique d'histogramme permettant de réaliser l'histogramme des pixels de l'image à meilleur contraste, ledit histogramme comportant pour chaque niveau de pixel le nombre de pixels correspondant. Ladite unité électronique d'histogramme comporte une fonction permettant de déterminer un troisième seuil, le niveau dudit troisième seuil étant situé au-dessus du niveau moyen des pixels de l'image filtrée et en dessous du niveau moyen des pixels des représentations des sources de lumière potentielles. Avantageusement, l'histogramme étant représenté sous forme d'un graphe ayant en abscisse le niveau des pixels et en ordonnée le nombre de pixels correspondant à ce niveau, le niveau du troisième seuil correspond au niveau qui se trouve à la distance la plus grande de la droite passant par les maxima en abscisse et en ordonnée de ce graphe.

Avantageusement, le dispositif comporte une unité électronique appelée filtre récursif qui détermine pour une seconde image d'entrée successive à une première image d'entrée, la valeur du premier seuil à appliquer à cette seconde image, la valeur dudit premier seuil de cette seconde image dépendant au moins de la valeur du premier seuil, du troisième seuil et du taux de rejet de la première image d'entrée.

Dans un mode principal d'application, l'image finale est projetée dans un dispositif de visualisation en superposition avec une image provenant d'un second capteur. Préférentiellement, le premier capteur est sensible dans le proche infrarouge dans la bande de 1 à 2 microns et le second capteur est sensible dans le moyen infrarouge dans la bande de 5 à 20 microns.

.Avantageusement, le dispositif est intégré à un système de visualisation comportant au moins un capteur vidéo, le dispositif électronique de traitement d'image et un dispositif de visualisation, des moyens de localisation de la position et de l'orientation du capteur vidéo dans l'espace, lesdits moyens de localisation étant interfacés avec ledit dispositif de traitement, ledit système pouvant être rendu mobile, par exemple en étant monté sur un véhicule.

Le domaine aéronautique constitue une application privilégiée de ce type de dispositif. Dans ce cadre, le véhicule est un aéronef et les sources de lumière sont des lampes de piste d'atterrissage, le premier capteur est sensible dans le proche infrarouge dans la bande de 1 à 2 microns et le second capteur est sensible dans le moyen infrarouge dans la bande de 5 à 20 microns.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre donnée à titre non limitatif et grâce aux figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 représente le schéma général d'une chaîne d'acquisition, de traitement et de présentation d'images ;

- la figure 2 représente une vue de principe du dispositif de traitement selon l'invention ;

- la figure 3 représente une vue de principe détaillée du dispositif de traitement selon l'invention ;

- la figure 4 représente le principe de la détermination du troisième seuil dans le graphe de l'histogramme des niveaux de pixels.

La figure 2 représente une vue de principe du dispositif de traitement selon l'invention. Il comprend essentiellement quatre unités électroniques qui sont :

- une unité électronique d'amélioration du contraste 5 permettant de fournir à partir de l'image d'entrée une image à meilleur contraste ;
- une unité électronique de sélection 6 permettant de fournir à partir de l'image à meilleur contraste une image filtrée ;
- une unité d'estimation électronique de vraisemblance 7, permettant de fournir à partir de l'image filtrée une image estimée ;

- une unité électronique de validation 8 fournissant à partir de l'image estimée l'image finale.

L'unité 5 est interconnectée avec le capteur 2 au moyen de la liaison 21.

L'unité 7 est interconnectée avec le dispositif 100 au moyen de la liaison 101.

- 5 L'unité 8 est interconnectée avec le dispositif de visualisation 3 au moyen de la liaison 31.

La figure 3 représente une vue détaillée du principe du dispositif de la figure 2. Certaines unités électroniques sont détaillées, des unités complémentaires sont ajoutées.

- 10 Sur les deux figures 2 et 3, les flèches indiquent les interconnexions entre les différentes unités ainsi que le sens de leur échange de données.

L'unité électronique d'amélioration de contraste permet
15 d'augmenter le contraste de l'image. Différentes méthodes existent. Une façon simple d'obtenir cet effet est d'utiliser un filtre matriciel de type CBF (contrast box filter) appliqué sur chaque niveau de pixel de l'image d'entrée initiale pour obtenir l'image d'entrée contrastée. La matrice de ce filtre est une matrice carrée de M lignes et de M colonnes d'éléments, les N éléments
20 centraux ayant une même première valeur, les $(M^2 - N)$ autres éléments de la matrice ayant une même seconde valeur égale à ladite première valeur multipliée par $N/(N - M^2)$. A un pixel donné P de l'image d'entrée ayant un certain niveau, on obtient le niveau du pixel correspondant dans l'image à meilleur contraste en faisant les opérations suivantes :

- 25
- Multiplication des valeurs des M^2 pixels entourant le pixel P par les valeurs des éléments correspondants de la matrice du filtre, la matrice étant centrée sur le pixel P ;
 - Somme des M^2 valeurs obtenues pour obtenir la valeur du pixel de l'image à meilleur contraste.

30 A titre d'exemple, une matrice typique comporte 7 lignes et 7 colonnes, soit au total 49 éléments, les 9 éléments centraux valent par exemple 1 et les 40 autres éléments valent alors $-9/40$. La matrice résultante du filtre est représentée ci-dessous :

$$\begin{matrix}
 5 & \left(\begin{array}{ccccccc}
 -9/40 & -9/40 & -9/40 & -9/40 & -9/40 & -9/40 & -9/40 \\
 -9/40 & -9/40 & -9/40 & -9/40 & -9/40 & -9/40 & -9/40 \\
 -9/40 & -9/40 & 1 & 1 & 1 & -9/40 & -9/40 \\
 -9/40 & -9/40 & 1 & 1 & 1 & -9/40 & -9/40 \\
 -9/40 & -9/40 & 1 & 1 & 1 & -9/40 & -9/40 \\
 -9/40 & -9/40 & -9/40 & -9/40 & -9/40 & -9/40 & -9/40 \\
 -9/40 & -9/40 & -9/40 & -9/40 & -9/40 & -9/40 & -9/40
 \end{array} \right)
 \end{matrix}$$

L'unité électronique de sélection 6 conserve les pixels de l'image à
 10 meilleur contraste dont le niveau est situé au-dessus d'un premier seuil, le
 niveau des autres pixels étant ramené à 0. L'image filtrée ne contient alors
 plus qu'un premier ensemble de pixels correspondant à des sources de
 lumière potentielles.

15 L'unité électronique de vraisemblance peut comporter trois unités
 comme il est indiqué en figure 3.

La première de ces unités 71 a pour objet la reconnaissance de la
 forme des sources de lumière. Dans le cas général, les sources étant situées
 à grande distance du capteur d'images, leurs représentations devraient
 20 apparaître comme des ensembles lumineux de petite dimension, couvrant au
 plus quelques pixels. Une bonne représentation mathématique de la
 répartition de l'énergie de la représentation de la source, dans ce cas, est
 une gaussienne bidimensionnelle. L'unité chargée de l'identification des
 représentations des sources potentielles compare les niveaux des
 25 répartitions de pixels de l'image filtrée à ceux d'une représentation
 gaussienne bidimensionnelle en faisant varier quatre paramètres : le niveau
 de la gaussienne, sa largeur à mi-hauteur selon un premier axe, sa largeur à
 mi-hauteur selon un second axe perpendiculaire au premier, l'inclinaison du
 premier axe dans le repère de l'image. La comparaison se fait par
 30 l'application de la méthode des moindres carrés entre les niveaux des pixels
 du premier ensemble et les niveaux calculés de la gaussienne. L'erreur
 résiduelle de la méthode d'optimisation permet d'estimer la probabilité de
 présence d'une représentation de source. Lorsque cette probabilité est
 supérieure à un certain seuil, la représentation de la source potentielle est
 35 remplacée dans l'image estimée par sa représentation gaussienne. Il est à

noter que cette méthode permet de déterminer la position des représentations des sources avec une précision inférieure au pixel.

La seconde de ces unités 72 a pour objet la reconnaissance de la disposition géométrique des représentations des sources. En application
5 aéronautique, les lampes de piste sont disposées selon des structures géométriques codifiées représentatives des axes de piste qui sont des droites ou des segments de droite. La seconde unité permet de rechercher la présence de telles structures dans l'image filtrée. La fonction mathématique
utilisée est une transformée de radon. Son principe consiste à rechercher
10 dans l'image les directions privilégiées où l'énergie moyenne des pixels est importante et peut par conséquent correspondre à des axes d'alignement de sources de lumière.

La troisième de ces unités 73 a pour objet de fournir une probabilité de déplacement des représentations des sources de lumière.
15 Ladite unité spécialisée est utilisée soit lorsque les sources présentes dans la scène se déplacent de façon connue, soit lorsque le dispositif se trouve sur un véhicule en mouvement et lorsque les déplacements et l'orientation du véhicule sont connus, ce qui est le cas pour les aéronefs. Elle a comme données d'entrée, d'une part, la connaissance des positions initiales des
20 représentations des sources estimées dans une première image filtrée et d'autre part, les informations d'une unité électronique fournissant un modèle de déplacement 9. Pour un véhicule en mouvement, ce modèle est interfacé avec les moyens 100 de localisation du véhicule. Elle calcule les secondes positions occupées par lesdites représentations des sources de lumière
25 estimées dans une seconde image d'entrée. Elle compare lesdites secondes positions avec les positions réelles desdites représentations des sources de lumière dans la seconde image d'entrée. Elle fournit alors une probabilité de déplacement des représentations des sources.

L'unité 8 assure les tâches suivantes :

- 30 • Calculer la probabilité de vraisemblance d'une représentation de source de lumière estimée qui est égale au produit des probabilités de présence, d'alignement et de déplacement de la dite source de lumière fournies par les unités électroniques d'estimation 71, 72 et 73.

- Eliminer de l'image estimée les représentations des sources estimées dont la probabilité de vraisemblance est située en dessous du second seuil. Le second seuil vaut environ 95% pour réaliser l'image finale, ladite image finale étant fournie au dispositif de visualisation 3.
- Calculer un taux de rejet de l'image d'entrée égal au pourcentage de représentations de sources présentes dans l'image finale sur le nombre total de représentations de sources présentes dans l'image estimée.
- Fournir à l'unité 6 le taux de rejet calculé.

Lorsque le taux de rejet est faible, cela signifie que toutes les représentations de sources estimées correspondent à des sources réelles présentes dans la scène et par conséquent, le niveau du premier seuil est trop important. Lorsque le taux de rejet est important, il est nécessaire, au contraire de relever le niveau de seuil qui est trop faible.

Sur la figure 3, figurent deux unités électroniques supplémentaires. L'unité 10 est une unité permettant de réaliser l'histogramme des pixels de l'image à meilleur contraste, le graphe de l'histogramme H représenté en figure 4 comporte en abscisse le niveau des pixels et en ordonnée le nombre de pixels correspondant à ce niveau. Ladite unité électronique d'histogramme comporte une fonction permettant de déterminer un troisième seuil B, le niveau dudit troisième seuil étant situé au-dessus du niveau moyen A des pixels de l'image contrastée et en dessous du niveau moyen C des pixels des représentations des sources de lumière potentielles. Le niveau du troisième seuil B correspond au niveau qui se trouve à la distance d la plus grande de la droite MD passant par les maxima en abscisse D et en ordonnée M du graphe de l'histogramme H.

L'unité 11 appelé filtre récursif détermine pour une seconde image d'entrée successive à une première image d'entrée, la valeur du premier seuil à appliquer à cette seconde image, la valeur dudit premier seuil de cette seconde image dépendant au moins de la valeur du premier seuil, du troisième seuil et du taux de rejet de la première image d'entrée. Il comporte un filtre passe-bas de stabilisation du système permettant d'éviter les variations trop brutales de l'image finale. Sa fréquence de coupure est inférieure à 5 Hz.

L'ensemble des fonctions des unités électroniques peut être implémenté dans des composants électroniques comportant des matrices de portes logiques (ET ou OU). Ces composants peuvent être de type non programmables comme, par exemple, les ASIC (Application Specific Integrated Circuit) ; dans ce cas, les informations sont gravées au moment de la réalisation du circuit. Ces composants peuvent également être programmables comme, par exemple, les FPGA (Field Programmable Gate Array) ou EPLD (Erasable Programmable Logic Device). Ces composants sont couramment utilisés pour des applications d'électronique professionnelle ou embarquée sur aéronefs.

REVENDICATIONS

1. Dispositif électronique de traitement d'image (1) générant à partir d'une image d'entrée une image de sortie, les deux images étant composées de pixels, l'image d'entrée provenant d'un premier capteur vidéo (2) et représentative d'une scène contenant au moins une source de lumière discrète, ladite image d'entrée contenant une première représentation de ladite source de lumière discrète, l'image de sortie comportant une seconde représentation de ladite source de lumière discrète, caractérisé en ce que
- 10 ledit dispositif comprend au moins :
- une unité électronique (5) d'amélioration du contraste permettant de fournir à partir de l'image d'entrée une image à meilleur contraste ;
 - une unité électronique (6) de sélection permettant de fournir à partir de l'image à meilleur contraste une image filtrée ne contenant plus qu'au moins un premier ensemble de pixels dont le niveau électronique est situé au-dessus d'un premier seuil, ledit premier ensemble correspondant à la représentation d'au moins une source de lumière potentielle ;
 - une unité (7) d'estimation électronique de vraisemblance, permettant de fournir à partir du premier ensemble de pixels de l'image filtrée une image estimée comportant un second ensemble de pixels, ledit second ensemble correspondant à la représentation de sources de lumière estimées, les répartitions des pixels de la représentation des sources estimées correspondant à des fonctions mathématiques bidimensionnelles ; à chaque représentation de source de lumière estimée étant associé une probabilité de vraisemblance ;
 - une unité électronique (8) de validation fournissant à partir de l'image estimée l'image finale, ladite image contenant une représentation de la source de lumière estimée si la probabilité de vraisemblance associée est supérieure à un second seuil.

2. Dispositif électronique de traitement d'image (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce que le niveau du premier seuil dépend au moins de ladite unité de validation (8).

5 3. Dispositif électronique de traitement d'image selon les revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite fonction électronique d'amélioration du contraste de l'image d'entrée initiale comprend au moins un filtre matriciel de type CBF (contrast box filter) appliqué sur chaque niveau de pixel de l'image d'entrée initiale pour obtenir l'image d'entrée contrastée.

10 4. Dispositif électronique de traitement d'image selon la revendication 3, caractérisé en ce que la dite matrice est une matrice carrée de M lignes et de M colonnes d'éléments, les N éléments centraux ayant une même première valeur, les $(N - M^2)$ autres éléments de la matrice ayant une
15 même seconde valeur égale à ladite première valeur multipliée par $N/(M^2 - N)$.

5. Dispositif électronique de traitement d'image selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'estimateur électronique de vraisemblance (7) comporte au moins une fonction électronique (71) de
20 reconnaissance de forme de la représentation de la source de lumière permettant :

- de comparer les niveaux des pixels du premier ensemble de l'image filtrée à des niveaux calculés, issus de fonctions mathématiques prédéterminées
- 25 • de fournir une probabilité de présence de la représentation de la source de lumière estimée dans l'image d'entrée .

6. Dispositif électronique de traitement d'image selon la revendication 5, caractérisé en ce que les fonctions mathématiques prédéterminées sont des gaussiennes bi-dimensionnelles.
30

7. Dispositif électronique de traitement d'image selon la revendication 6, caractérisé en ce que la fonction de reconnaissance se fait par applications de la méthode des moindres carrés entre les niveaux des
35 pixels du premier ensemble et les niveaux calculés.

8. Dispositif électronique de traitement d'image selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que, l'image filtrée comportant au moins deux représentations de sources de lumière potentielles, l'estimateur électronique de vraisemblance comporte au moins une fonction électronique (72) de reconnaissance de la disposition géométrique desdites représentations, ladite fonction fournissant une probabilité d'alignement des dites représentations des sources de lumière dans l'image d'entrée.

9. Dispositif électronique de traitement d'image selon la revendication 8, caractérisé en ce que lorsque les représentations des sources potentielles sont alignées selon au moins une droite, la fonction électronique de reconnaissance comporte au moins une fonction permettant de faire une transformée de radon sur les pixels de l'image filtrée.

10. Dispositif électronique de traitement d'image selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que, les représentations des sources étant mobiles dans l'image d'entrée, l'estimateur électronique de vraisemblance comporte au moins une fonction électronique (9) de modèle de déplacement des représentations des sources estimées.

11. Dispositif électronique de traitement d'image selon la revendication 10, caractérisé en ce que l'estimateur électronique (7) de vraisemblance comporte au moins une fonction électronique (73) d'estimation de déplacement permettant, à partir de la fonction électronique de modèle de déplacement des représentations des sources estimées :

- pour chaque représentation de source de lumière estimée d'une première image estimée occupant une première position, de calculer le déplacement théorique de ladite première position ;
- de calculer une seconde position occupée par ladite représentation de la source de lumière estimée dans une seconde image d'entrée ;
- de comparer ladite seconde position avec la position réelle de ladite représentation de la source de lumière dans ladite seconde image d'entrée.

- de fournir une probabilité de déplacement de la représentation de la source dans l'image d'entrée.

12. Dispositif électronique de traitement d'image selon l'une des
5 revendications 4 à 11, caractérisé en ce que, la probabilité de vraisemblance de la représentation d'une source de lumière estimée fournie par l'unité électronique (8) de validation est égale au produit des probabilités de présence, d'alignement et de déplacement de la dite représentation de la source de lumière fournies par l'unité électronique d'estimation.

10 13. Dispositif électronique de traitement d'images selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'unité électronique (8) de validation calcule un taux de rejet de l'image d'entrée égal au pourcentage de représentations de sources estimées dont la probabilité de vraisemblance
15 est située au-dessus du second seuil sur le nombre total de représentations de sources estimées.

14. Dispositif électronique de traitement d'image selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif comporte une
20 unité électronique (10) d'histogramme permettant de réaliser l'histogramme des pixels de l'image à meilleur contraste, ledit histogramme fournissant le nombre de pixels correspondant à un niveau d'énergie donné.

15. Dispositif électronique de traitement d'images selon la
25 revendication 14, caractérisé en ce que l'unité électronique (10) d'histogramme comporte une fonction permettant de déterminer un troisième seuil, le niveau dudit troisième seuil étant situé au-dessus du niveau moyen des pixels de l'image filtrée et en dessous du niveau moyen des pixels des représentations des sources de lumière potentielles.

30 16. Dispositif électronique de traitement d'images selon la revendication 15, caractérisé en ce que, l'histogramme étant représenté sous forme d'un graphe ayant en abscisse le niveau des pixels et en ordonnée le nombre de pixels correspondant à ce niveau, le niveau du troisième seuil

correspond au niveau qui se trouve à la distance la plus grande de la droite passant par les maxima en abscisse et en ordonnée de l'histogramme.

17. Dispositif électronique de traitement d'image selon l'une des
5 revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif comporte une
unité électronique (11) appelée filtre récursif qui détermine pour une seconde
image d'entrée successive à une première image d'entrée, la valeur du
premier seuil à appliquer à cette seconde image, la valeur dudit premier
seuil dépendant au moins de la valeur du premier seuil, du troisième seuil et
10 du taux de rejet de la première image d'entrée.

18. Dispositif de traitement d'image selon l'une des revendications
précédentes, caractérisée en ce que l'image finale est projetée dans un
système de visualisation (3) en superposition avec une image provenant d'un
15 second capteur.

19. Dispositif de traitement d'image selon la revendication 18,
caractérisé en ce que le premier capteur (2) est sensible dans le proche
infrarouge dans la bande de 1 à 2 microns et le second capteur est sensible
20 dans le moyen infrarouge dans la bande de 5 à 20 microns.

20. Système de visualisation comportant au moins un capteur
vidéo (2), un dispositif électronique (1) de traitement d'image et un dispositif
de visualisation (3), caractérisé en ce que ledit système possède des
25 moyens de localisation de la position et de l'orientation du capteur vidéo
dans l'espace, ledit traitement d'images étant selon l'une des revendications
précédentes, lesdits moyens de localisation étant interfacés avec ledit
dispositif (1), ledit système pouvant être rendu mobile.

30 21. Aéronef caractérisé en ce qu'il comporte un système de
visualisation selon la revendication 20, le dispositif de visualisation étant un
viseur dit tête Haute, les sources de lumière étant des lampes de piste
d'atterrissage.

1/3

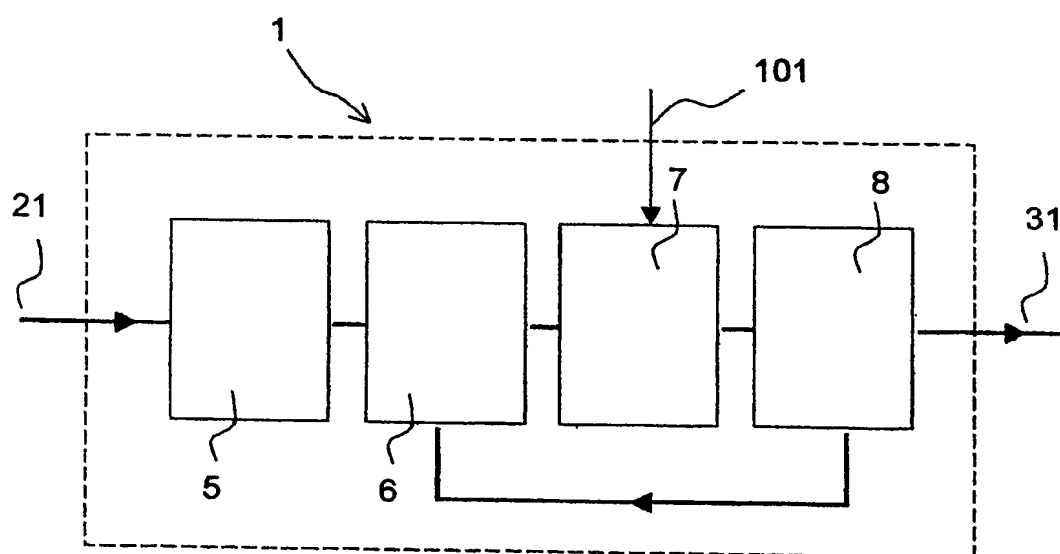
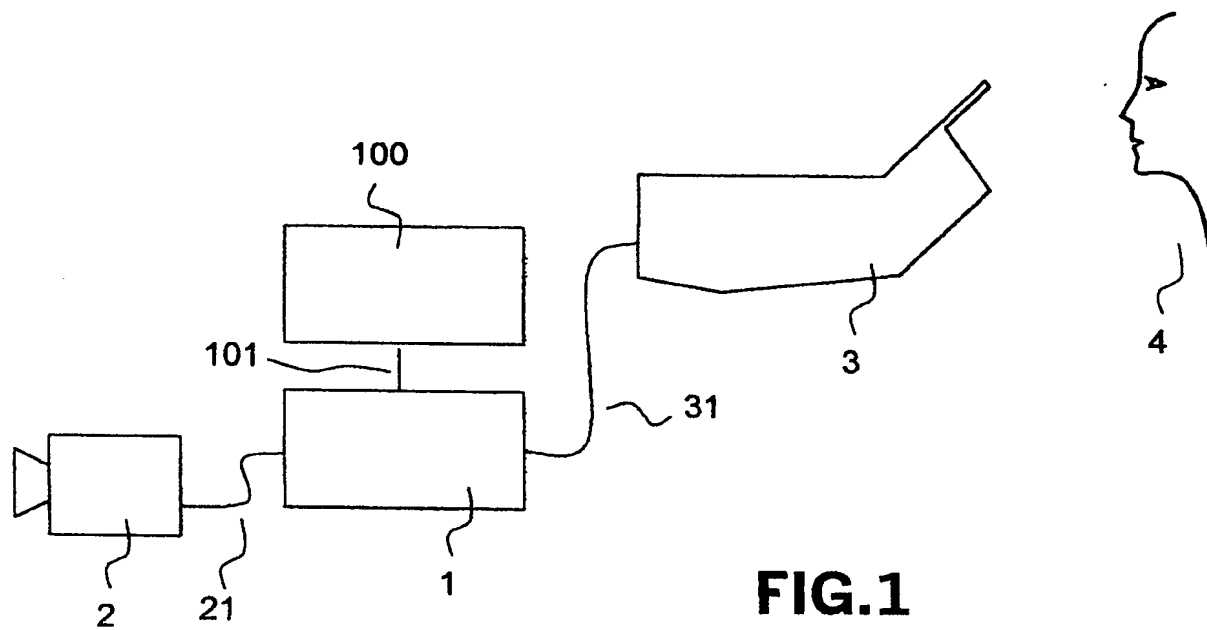


FIG. 2

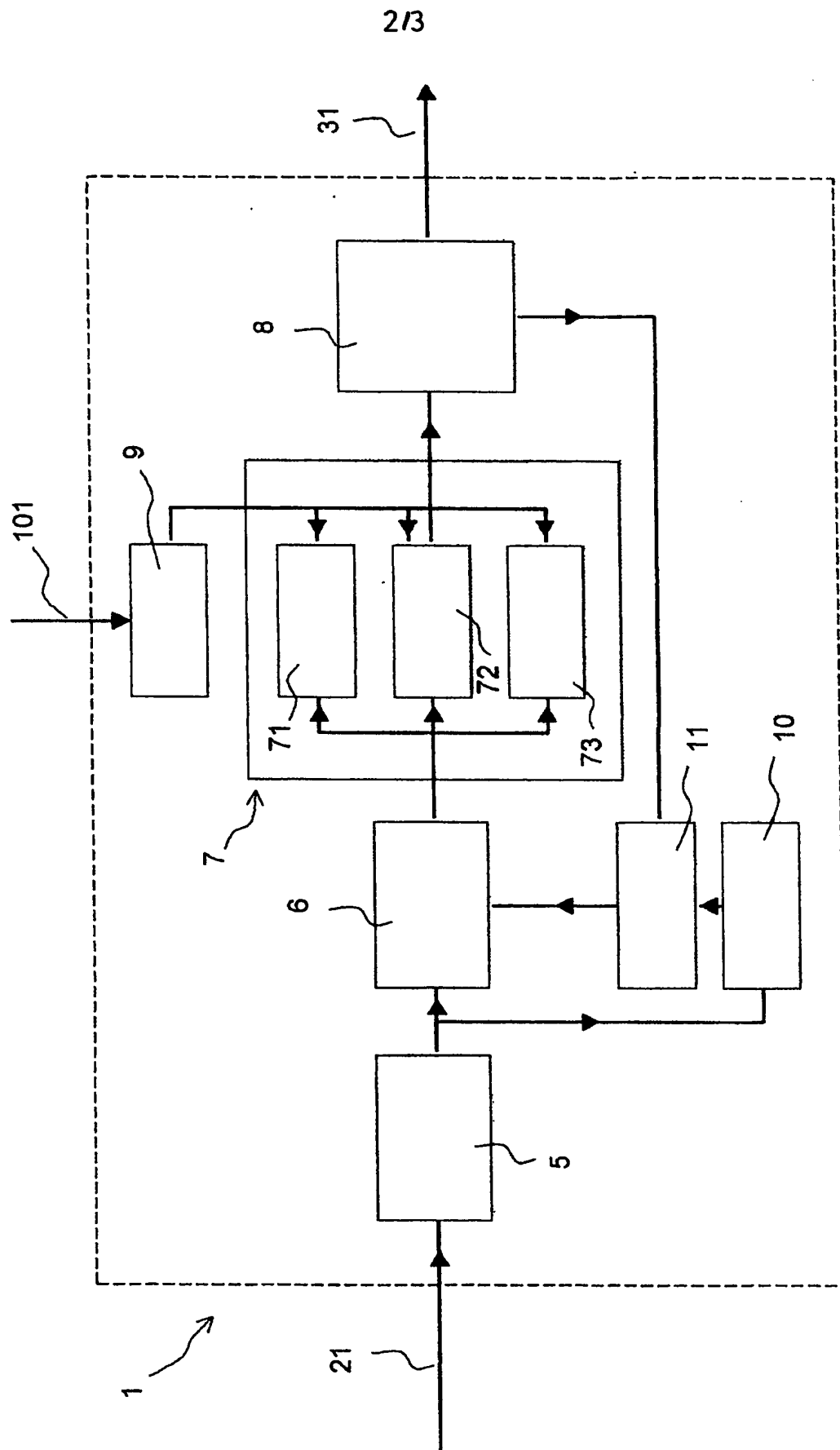
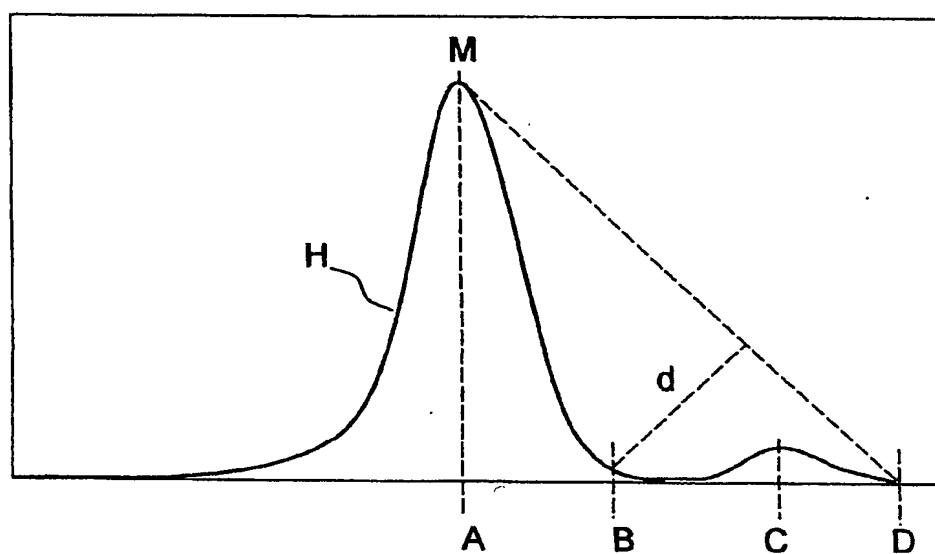


FIG. 3

3/3

**FIG.4**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/50717

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G06T7/00 G06T5/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G06T G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 232 602 B1 (KERR JAMES RICHARD) 15 May 2001 (2001-05-15) abstract; figures 1-7 column 1, line 5 -column 3, line 50	1-21
A	EP 0 604 245 A (TELECOMMUNICATIONS SA) 29 June 1994 (1994-06-29) abstract; figures 1,2 page 2, line 1 -page 5, line 51 -/--	1-21

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 January 2004

Date of mailing of the international search report

03/02/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Herter, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/50717

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	ROBERTS B ET AL: "Image processing for flight crew enhanced situation awareness" SENSING, IMAGING, AND VISION FOR CONTROL AND GUIDANCE OF AEROSPACE VEHICLES, ORLANDO, FL, USA, 4-5 APRIL 1994, vol. 2220, pages 246-255, XP009010875 Proceedings of the SPIE - The International Society for Optical Engineering, 1994, USA ISSN: 0277-786X the whole document	1-21
A	DICKMANNS E D ET AL: "Experimental results in autonomous landing approaches by dynamic machine vision" SENSING, IMAGING, AND VISION FOR CONTROL AND GUIDANCE OF AEROSPACE VEHICLES, ORLANDO, FL, USA, 4-5 APRIL 1994, vol. 2220, pages 304-313, XP009010866 Proceedings of the SPIE - The International Society for Optical Engineering, 1994, USA ISSN: 0277-786X the whole document	1-21
A	LE GUILLOUX Y ET AL: "Using image sensors for navigation and guidance of aerial vehicles" SENSING, IMAGING, AND VISION FOR CONTROL AND GUIDANCE OF AEROSPACE VEHICLES, ORLANDO, FL, USA, 4-5 APRIL 1994, vol. 2220, pages 157-168, XP009010873 Proceedings of the SPIE - The International Society for Optical Engineering, 1994, USA ISSN: 0277-786X the whole document	1-21
A	OAKLEY J P ET AL: "IMPROVING IMAGE QUALITY IN POOR VISIBILITY CONDITIONS USING A PHYSICAL MODEL FOR CONTRAST DEGRADATION" IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 7, no. 2, 1 February 1998 (1998-02-01), pages 167-179, XP000730982 ISSN: 1057-7149 abstract page 167, left-hand column, line 1 -page 167, right-hand column, line 41 page 174, left-hand column, line 26 -page 174, right-hand column, line 50	1,3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/50717

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6232602	B1	15-05-2001	AU 5721800 A	28-09-2000
			WO 0054217 A2	14-09-2000
			US 2002185600 A1	12-12-2002
			US 6373055 B1	16-04-2002
EP 0604245	A	29-06-1994	FR 2699781 A1	24-06-1994
			DE 69314448 D1	13-11-1997
			DE 69314448 T2	02-04-1998
			EP 0604245 A1	29-06-1994

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/EP 03/50717

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 G06T7/00 G06T5/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G06T G01S

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 6 232 602 B1 (KERR JAMES RICHARD) 15 mai 2001 (2001-05-15) abrégé; figures 1-7 colonne 1, ligne 5 -colonne 3, ligne 50 ---	1-21
A	EP 0 604 245 A (TELECOMMUNICATIONS SA) 29 juin 1994 (1994-06-29) abrégé; figures 1,2 page 2, ligne 1 -page 5, ligne 51 --- -/--	1-21

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

12 janvier 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

03/02/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Herter, J

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/EP 03/50717

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>ROBERTS B ET AL: "Image processing for flight crew enhanced situation awareness" SENSING, IMAGING, AND VISION FOR CONTROL AND GUIDANCE OF AEROSPACE VEHICLES, ORLANDO, FL, USA, 4-5 APRIL 1994, vol. 2220, pages 246-255, XP009010875 Proceedings of the SPIE - The International Society for Optical Engineering, 1994, USA ISSN: 0277-786X le document en entier</p> <p>---</p>	1-21
A	<p>DICKMANNS E D ET AL: "Experimental results in autonomous landing approaches by dynamic machine vision" SENSING, IMAGING, AND VISION FOR CONTROL AND GUIDANCE OF AEROSPACE VEHICLES, ORLANDO, FL, USA, 4-5 APRIL 1994, vol. 2220, pages 304-313, XP009010866 Proceedings of the SPIE - The International Society for Optical Engineering, 1994, USA ISSN: 0277-786X le document en entier</p> <p>---</p>	1-21
A	<p>LE GUILLOUX Y ET AL: "Using image sensors for navigation and guidance of aerial vehicles" SENSING, IMAGING, AND VISION FOR CONTROL AND GUIDANCE OF AEROSPACE VEHICLES, ORLANDO, FL, USA, 4-5 APRIL 1994, vol. 2220, pages 157-168, XP009010873 Proceedings of the SPIE - The International Society for Optical Engineering, 1994, USA ISSN: 0277-786X le document en entier</p> <p>---</p>	1-21
A	<p>OAKLEY J P ET AL: "IMPROVING IMAGE QUALITY IN POOR VISIBILITY CONDITIONS USING A PHYSICAL MODEL FOR CONTRAST DEGRADATION" IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 7, no. 2, 1 février 1998 (1998-02-01), pages 167-179, XP000730982 ISSN: 1057-7149 abrégé page 167, colonne de gauche, ligne 1 -page 167, colonne de droite, ligne 41 page 174, colonne de gauche, ligne 26 -page 174, colonne de droite, ligne 50</p> <p>-----</p>	1,3

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/EP 03/50717

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6232602	B1	15-05-2001	
		AU 5721800 A	28-09-2000
		WO 0054217 A2	14-09-2000
		US 2002185600 A1	12-12-2002
		US 6373055 B1	16-04-2002
EP 0604245	A	29-06-1994	
		FR 2699781 A1	24-06-1994
		DE 69314448 D1	13-11-1997
		DE 69314448 T2	02-04-1998
		EP 0604245 A1	29-06-1994